

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра теории функций и стохастического анализа

**ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННОГО
ПРОЕКТА**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 4 курса 412 группы
направления 01.03.02 — Прикладная математика и информатика

механико-математического факультета
Челехсаевой Полины Юрьевны

Научный руководитель

доцент, к. ф.-м. н., доцент

Е. В. Гудошникова

Заведующий кафедрой

д. ф.-м. н., доцент

С. П. Сидоров

Саратов 2023

Введение. Актуальность темы исследования заключается в том, что в условиях деятельности инновационноактивных предприятий в современных реалиях неопределённость и риск принимаются как сопутствующие этой деятельности неизбежные составляющие. Это обусловлено самой спецификой деятельности по реализации инвестиционных проектов в сфере инноваций, которая характеризуется высоким уровнем затрат и степени вовлеченности в процесс всех департаментов организации, требованию к высокой степени организации менеджмента на всех уровнях, отсутствием возможности в полной мере исчерпывающе просчитать точный результат и сложности, которые могут возникнуть в процессе реализации (несмотря на большое количество методик и моделей), отдалённость во времени результата и т.д.

В современном мире развития разнообразных экономических отношений между гражданами, государствами, финансовыми организациями и иными их объектами каждая фирма борется за так называемое повышение уровня конкурентоспособности. Поэтому организация, стремящаяся к увеличению своей прибыли, должна постоянно улучшать качество предлагаемой продукции, обновлять имеющуюся материально-техническую базу, наращивать объемы производства, вкладывать (инвестировать) капитал в рекламу и не только. Именно инвестиционная деятельность является одной из основных методов функционирования коммерческого предприятия.

На современном этапе развития экономических отношений активизация инвестиционной деятельности предприятий является главным инструментом решения проблем их эффективного функционирования, изготовления конкурентоспособной продукции и максимизации доходов инвесторов. В соответствии с этим инвестиционная стратегия субъектов хозяйствования требует разработки реальных направлений усиления инвестиционных процессов как на макро-, так и на микроуровне. же обеспечение финансовой стойкости и платежеспособности предприятия.

Целью исследования выявить особенности основных показателей для анализа эффективности инвестиционного проекта и оптимизировать процесс расчета каждого из них .

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

- рассмотреть понятие инвестиционного проекта;
- выяснить особенности и свойства инвестиционного проекта;
- изучить основные показатели эффективности инвестиционного проекта, проанализировав их экономический смысл;
- автоматизировать подсчет основных показателей эффективности инвестиционного проекта;

Непосредственным **предметом исследования** являются показатели эффективности инвестиционного проекта.

Практическая значимость выпускной квалификационной работы заключается в оптимизации расчетов показателей эффективности инвестиционного проекта.

Структура данной работы состоит из введения, трех глав, заключения, списка используемых источников. Во введении обоснована актуальность темы, цели и задачи, определены объект и предмет исследования.

В первой главе рассматриваются: понятие инвестиционного проекта, риски инвестиционного проекта и математическая модель инвестиционного проекта.

Во второй главе рассматриваются четыре показателя эффективности инвестиционного проекта. Такие как: чистая современная стоимость проекта, внутренняя норма доходности проекта, срок окупаемости, индекс доходности.

В третьей главе рассказано про применение метода многокритериальной оптимизации для оценки эффективности инвестиционного проекта.

В четвертой главе продемонстрирован расчет показателей эффективности инвестиционного проекта, с помощью языка программирования Python. В заключении сделаны выводы по всей теме.

Основное содержание работы. В первой главе работы дается понятия инвестиционного проекта, риск инвестиционного проекта, а так же представлена его математическая модель.

Инвестиционный проект — это последовательность действий для обоснования объемов и порядка вложения средств, оценки необходимости продолжения проекта и итоговой оценки результатов его реализации.

Риск инвестиционного проекта выражает потенциальную вероятность возникновения неблагоприятной ситуации или неблагоприятного по-

следствия от его осуществления.

Инвестиционный проект рассматриваемый в условиях определенности, описывается своим чистым денежным потоком $R_0, R_1, R_2, \dots, R_n$ в моменты времени $t = 0, t_1, t_2, \dots, t_n$ соответственно, где $0 < t_1 < t_2 < \dots < t_n = T$. Начало проекта $t = 0$ – момент вложения исходной инвестиции в размере I, T – срок проекта.

Для оценки эффективности инвестиционного проекта используют четыре показателя:

- чистая современная стоимость проекта (*net present value, NPV*);
- внутренняя норма доходности (*internal rate of return, IRR*);
- срок окупаемости (*discounted payback period, DPP*);
- индекс доходности (*profitability index, PI*).

Каждый из показателей будет рассмотрен во второй главе

Чистая современная стоимость проекта $NPV(i)$ при процентной ставке i – это современная стоимость чистого денежного потока проекта по процентной ставке i .

$NPV(i)$ проекта с дискретным потоком платежей (1):

$$NPV(i) = \sum_{k=0}^n \frac{R_k}{(1+i)^k} \quad (1)$$

$NPV(i)$ проекта с непрерывно - дискретным потоком платежей (2):

$$NPV(i) = \sum_{k=0}^n \frac{R_k}{(1+i)^k} + \int_0^T \frac{f(t)}{(1+i)^t} dt$$

Экономический смысл знака $NPV(i)$:

1) Если $NPV(i) \geq 0$, то доходы от проекта окупают вложенные инвестиции. При $NPV(i) < 0$ доходы не окупают инвестиций.

2) Чистая современная стоимость проекта $NPV(i)$ характеризует возможный прирост (убытки) капитала инвестора в результате реализации проекта по сравнению с альтернативными вложениями под ставку i

Внутренняя норма доходности проекта (IRR) – это ставка дисконтирования r , при которой чистая современная стоимость проекта равна

нулю:

$$NPV(r) = 0, \quad (3)$$

т.е.

$$\sum_{k=0}^n \frac{a_k}{(1+r)^k} = \sum_{k=0}^n \frac{b_k}{(1+r)^k}$$

Для проектов с непрерывно-дискретным и дискретным потоком платежей это уравнение имеет вид соответственно:

$$\sum_{k=0}^n \frac{R_k}{(1+r)^k} + \int_0^T \frac{f(t)}{(1+r)^t} dt = 0 \quad (4)$$

и

$$\sum_{k=0}^n \frac{R_k}{(1+r)^k} = 0. \quad (5)$$

Экономический смысл знака $IRR(r)$:

1) При ставке дисконтирования, равной (IRR), инвестиционные вложения в точности окупаются доходами, но не приносят прибыль.

2) Для проекта классического характера справедливы следующие утверждения:

$NPV(i) > 0$ тогда и только тогда, когда ставка дисконтирования $i < IRR$;

$NPV(i) < 0$ тогда и только тогда, когда ставка дисконтирования $i > IRR$;

$NPV(i) = 0$ тогда и только тогда, когда ставка дисконтирования $i = IRR$.

4) Чем больше разность ($IRR - i$), где $i < IRR$, тем больше резерв безопасности (или экономическая «прочность») проекта. Разность ($IRR - i$) определяет устойчивость проекта в отношении изменения ставки дисконтирования. Кроме того, разность ($IRR - i$) определяет предельную возможность увеличения инвестиций в проект, позволяющую избежать убытков при данных доходах и ставке дисконтирования i .

Срок окупаемости проекта (DPP)— это срок действия проекта $n^* \leq T$, за который современная стоимость потока доходов становится равной современной стоимости потока инвестиций в проект. Таким образом, если

n^* — срок окупаемости проекта, то

$$\sum_{k=0}^{n^*} \frac{a_k}{(1+i)^k} + \int_0^{n^*} \frac{f_2(t)}{(1+i)^t} dt = \sum_{k=0}^{n^*} \frac{b_k}{(1+i)^k} + \int_0^{n^*} \frac{f_1(t)}{(1+i)^t} dt \quad (6)$$

и для проекта с дискретным потоком платежей

$$\sum_{k=0}^{n^*} \frac{a_k}{(1+i)^k} = \sum_{k=0}^{n^*} \frac{b_k}{(1+i)^k} \quad (7)$$

Экономический смысл знака (DPP):

1) Срок окупаемости — это время, необходимое для полной компенсации инвестиций в проект доходами от проекта. Это утверждение следует из определения срока окупаемости.

2) Если ставка дисконтирования равна внутренней норме доходности проекта IRR , то срок окупаемости проекта совпадает с его сроком, т.е. $n^* = T = n$ лет. Это утверждение следует из определения показателей IRR и DPP .

3) Срок окупаемости проекта n^* — это срок действия проекта $n^* \leq n$, за который его чистая современная стоимость становится неотрицательной.

4) Проект классического характера имеет срок окупаемости тогда и только тогда, когда его показатель $NPV(i) \geq 0$. Если $NPV(i) < 0$, то проект не имеет срока окупаемости.

5) Проект классического характера имеет срок окупаемости тогда и только тогда, когда его ставка дисконтирования $i \leq IRR$. Если ставка дисконтирования проекта $i > IRR$, проект не имеет срока окупаемости. Это утверждение является следствием предыдущего свойства DPP проекта и свойства 3 показателя IRR .

Индекс доходности (PI) проекта — это число d , равное отношению современных стоимостей доходов и инвестиций в проект:

$$d = \frac{\sum_{k=0}^n \frac{a_k}{(1+i)^k} + \int_0^T \frac{f_2(t)}{(1+i)^t}}{\sum_{k=0}^n \frac{b_k}{(1+i)^k} + \int_0^T \frac{f_1(t)}{(1+i)^t}} \quad (8)$$

Для проекта с дискретным потоком платежей

$$d = \frac{\sum_{k=0}^n \frac{a_k}{(1+i)^k}}{\sum_{k=0}^n \frac{b_k}{(1+i)^k}}. \quad (9)$$

Экономический смысл знака (PI):

1) Показатель PI характеризует уровень доходов на единицу затрат, т.е. эффективность вложений. $d > 1$ — доходы окупают вложенные инвестиции; $d < 1$ — инвестиции в проект не окупаются; $d = 1$ — проект ни прибыльный ни убыточный.

2) Если ставка дисконтирования равна внутренней норме доходности проекта IRR , то индекс доходности проекта $d = 1$. Это утверждение следует из определений показателей IRR и PI .

3) Если срок проекта совпадает с его сроком окупаемости, то индекс доходности проекта $d = 1$. Это утверждение следует из определений показателей DPP и PI .

4) Показатели PI и $NPV(i)$ согласуются между собой в оценке проекта.

5) Показатели PI и IRR согласуются между собой в оценке проекта.

В третьей главе работы описан метод многокритеральной оптимизации и ее основное преимущество над другими методами.

Многокритериальная задача оптимизации включает в себе задачу определения оптимального плана по нескольким критериям при заданной системе ограничений. Иными словами, в нашем случае, применяя математический аппарат многокритериальной оптимизации, имеется возможность нахождения максимально эффективного варианта (наилучшей альтернативы) инвестиционного проекта и оптимальных параметров его реализации при заданных ограничениях.

Преимущества метода многокритериальной оптимизации:

1. До недавнего времени одновременное представление NPV и DPP в форме критериев эффективности векторной задачи математического программирования не представлялось возможным, поскольку для вычисления DPP использовался итерационный алгоритм, а не аналитическое выраже-

ние. Однако в работе была разработана аналитическая формула вычисления DPP :

$$DPP(x_1, x_2 \dots x_{n_1}, y_{n_1+1}, y_{n_1+2} \dots y_{n_1+n_2}, i) = - \frac{\ln \left[1 - \frac{S(x_j)}{P(y_k)} [1 - (1+i)^{-n_2}] \right]}{\ln(1+i)}, \quad (10)$$

где $S(x_j)$ – сумма инвестиционных платежей, наращенная к моменту $t = n_1$, а $P(y)$ – дисконтированная стоимость доходных k платежей, приведенная к моменту $t = n_1$.

2. Согласно теореме Абеля – Руффини алгебраические уравнения пятой и более высокой степени неразрешимы в радикалах. Таким образом, для инвестиционного проекта, количество расчетных периодов которого больше пяти, невозможно найти значение IRR , выразив его в аналитической форме, и, соответственно, решить многокритериальную задачу оценки эффективности инвестиционного проекта.

Следовательно, математической формой, отражающей ключевые цели реализации инвестиционного проекта, станет векторная задача оптимизации:

$$\begin{cases} NPV(x_1, x_2 \dots x_{n_1}, y_{n_1+1}, y_{n_1+2} \dots y_{n_1+n_2}, i) = \sum_{k=n_1+1}^{n_1+n_2} \frac{y_k}{(1+i)^k} - \sum_{j=1}^{n_1} \frac{x_j}{(1+i)^j} \rightarrow \max, \\ DPP(x_1, x_2 \dots x_{n_1}, y_{n_1+1}, y_{n_1+2} \dots y_{n_1+n_2}, i) = - \frac{\ln \left[1 - \frac{S(x_j)}{P(y_k)} [1 - (1+i)^{-n_2}] \right]}{\ln(1+i)} \rightarrow \min. \end{cases} \quad (11)$$

В четвертой главе работы «Практическая часть» продемонстрирован расчет всех показателей эффективности инвестиционного проекта, с помощью языка программирования Python.

Рассмотрим показатель PI, исходя из определения закодируем соответствующие формулы (8) и (9).

Программная реализация вычислений на языке программирования Python.

В начале работы программа требует ввести "Стоимости доходов и инвестиций через пробел". Далее необходимо ввести ставку дисконтирования в процентах. Так как принцип расчет для непрерывного потока платежей и

дискретного отличается, необходимо указать какой именно случай мы рассматриваем. Проверяем даны ли по условию функции $f_1(t)$ $f_2(t)$. На следующем шаге вводим непосредственно непрерывную функцию $f(t)$, используя в качестве переменной функция t . Остается только ввести рассматриваемый отрезок t . Получаем значение индекса доходности.

Проверим работу кода на следующих задачах:

Пример. Индекс доходности проекта А $(-1000, -2000, -3000, 1500$ в моменты $t = 0, t_1 = 1, t_2 = 2, t_3 = 3; f(t) = 1000, 6 \leq t \leq 16)$, $i = 5\%$ годовых:

$$d = \frac{\frac{1500}{(1+i)^4} + \int_6^{16} \frac{1000dt}{(1+i)^t}}{1000 + \frac{2000}{1+i} + \frac{3000}{(1+i)^2}} = \frac{\frac{1500}{(1+i)^4} + \frac{1000}{\ln(1+i)} \left[\frac{1}{(1+i)^6} - \frac{1}{(1+i)^{16}} \right]}{1000 + \frac{2000}{1+i} + \frac{3000}{(1+i)^2}} = 1,27.$$

Индекс доходности проекта В $(-1000, -300, 500, 500, 500, 500)$, $i = 5\%$ годовых:

$$d = \frac{\frac{500}{(1+i)^2} + \frac{500}{(1+i)^3} + \frac{500}{(1+i)^4} + \frac{500}{(1+i)^5}}{1000 + \frac{300}{1+i}} = 1,31.$$

Индекс доходности проекта С $(-90, 30, 40, 40)$, $i = 12\%$ годовых:

$$d = \frac{\frac{30}{(1+i)} + \frac{40}{(1+i)^2} + \frac{40}{(1+i)^3}}{90} = 0,97.$$

Вывод программы:

```

Введите стоимости доходов и инвестиций через пробел:
-1000 -300 500 500 500 500
Введите ставку дисконтирования:
5
Введите 1, если поток платежей непрерывен, или 2, если он
дискретен:
2
=====
Индекс доходности проекта:
1.31

```

Рисунок 1 – Индекс доходности для проекта В

```

Введите стоимости доходов и инвестиций через пробел:
-1000 -2000 -3000 1500
Введите ставку дисконтирования в процентах:
5
Введите 1, если поток платежей непрерывен, или 2, если он
дискретен:
1
Дана ли по условию задачи функция  $f_1(t)$ ? Напишите 1, если
да, 0, если нет
1
Введите непрерывную функцию  $f(t)$ , используя в качестве
переменной  $t$ :
1000
Введите рассматриваемый отрезок времени  $t$  через пробел:
6 16
Дана ли по условию задачи функция  $f_2(t)$ ? Напишите 1, если
да, 0, если нет
0
=====
Индекс доходности проекта:
1.28

```

Рисунок 2 – Индекс доходности для проекта А

```

Введите стоимости доходов и инвестиций через пробел:
-90 30 40 40
Введите ставку дисконтирования:
12
Введите 1, если поток платежей непрерывен, или 2, если он
дискретен:
2
=====
Индекс доходности проекта:
0.97

```

Рисунок 3 – Индекс доходности для проекта С

Результаты вычислений совпадают с результатами программы, следовательно программа работает исправно.

Заключение. На сегодняшний день инвестиционная деятельность развивается быстрыми темпами. Она основывается на создании и осуществлении инвестиционных проектов. Существует множество определений инвестиционного проекта, одно из которых установлено законодательством. В первой статье федерального закона № 39-ФЗ «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации» инвестиционный проект определяется, как обоснование экономической целесообразности, сроков и объема осуществления капитальных вложений, а также необходимая проектная документация, которая разработана согласно с законодательством Российской Федерации, в том числе представление практических действий по осуществлению инвестиций (бизнес-план).

Инвестиционный проект подразумевает программу мероприятий, ему свойственны затраты (например, затраты ресурсов и времени) и целевой характер, помимо этого, он имеет склонность к риску (так как получение дополнительных выгод, являясь одним из направлений исполнения инвестиционных проектов, невозможно без наличия рисков).

Показатели эффективности инвестиционного проекта являются важным инструментом для оценки его рентабельности и целесообразности. Ключевыми показателями являются *NPV*, *IRR*, *PI*, *DPP*, которые позволяют оценить степень доходности инвестиций, их окупаемость, сроки окупаемости и размер денежных потоков. Однако, при использовании этих показателей необходимо учитывать ряд ограничений, таких как предположения о константных денежных потоках, отсутствие учета рисков и неопределенности, а также другие факторы, которые могут повлиять на результаты оценки эффективности проекта. Поэтому, при оценке инвестиционного проекта необходимо использовать все доступные инструменты и методы, а также учитывать реалии рынка и конкретную ситуацию на момент оценки проекта.

В целом, показатели эффективности инвестиционного проекта являются важным шагом при принятии решения о вложении средств в бизнес, и их правильное использование может помочь минимизировать риски и максимизировать доходность инвестиций.